# Möglichkeiten der Einsparung von Wärmeenergie in Wohnbauten

Dr.-Ing. B. GLUCK, Jössnitz (Vogtl.)

## Einleitung

Die großzügige Förderung, die der komplexe Wohnungsbau in den nächsten Jahren erfährt, erlegt uns die Verpflichtung auf, sparsam mit den Investitionskosten, aber mindestens ebenso sparsam mit den nachfolgenden Betriebskosten umzugehen. Mit steigender Intensität wird deshalb die Energieeinsparung für die Raumheizung gefordert. In [1] wird der optimale spezifische Wärmebedarf für eine Wohnungseinheit mit $\dot{Q}_{WE} = 3900$ kcal/h·WE angegeben. Das bedeutet, daß gegenwärtig der Wärmebedarf mit 6000 kcal/h·WE um 54 Prozent über dem Optimalwert liegt. Folgerichtig werden in [1] die Zielstellungen, die auch Bestandteil der Direktive zum Fünfjahrplan sind, abgeleitet:

1. Schrittweise Einführung der volkswirtschaftlich optimalen Wärmedämmung der Gebäudeumfassungen,
2. Anwendung der Meß-, Steuer- und Regeltechnik in den Heizungssystemen zur Regelung der Wärmezufuhr.

Die Wichtigkeit dieser Forderungen wird besonders deutlich, wenn man bedenkt, daß auf die Raumheizung mehr als ein Fünftel des Gesamtenergieverbrauches entfallen. Für das Jahr 1969 sind in [2] 21,6 Prozent angegeben und die Anwendungsverluste mit 35 Prozent beziffert.
Während der Heizungsingenieur den ersten Punkt der Zielstellung nur fordern kann, ist er für die Verwirklichung des zweiten Punktes voll verantwortlich. Dabei stellt eine intensive Zusammenarbeit mit den Herstellern der Regelungsarmaturen die Grundlage dar.
Obwohl sich international eine Energiesubstitution im Anwendungsbereich abzeichnet, wird auch in den nächsten Jahren die Wasserheizung im komplexen Wohnungsbau das dominierende Heizungssystem sein. Dies ist durchaus kein Nachteil, zumal die Wasserheizungsanlagen noch längst nicht den Endstand bezüglich wirtschaftlicher Wärmezufuhr und Bedienungskomfort erreicht haben.

## Anforderungen an Wasserheizungssysteme im Wohnungsbau

Außer den allgemeingültigen Aufgaben, die eine Warmwasserheizung zu erfüllen hat, sind folgende Forderungen besonders aktuell.

Der *Wärmeverbrauch* pro Wohnungseinheit kann durch die Mithilfe der Bewohner ohne Einschränkung der thermischen Behaglichkeit gesenkt werden. Voraussetzung sind funktionstüchtige Regelarmaturen und ein ökonomisches Stimulans. Im letzteren Fall ist an die wohnungsweise Abrechnung gedacht, da unter diesen Bedingungen nach [3] 15 bis 20 Prozent Wärme eingespart werden können.

Der *Spitzenwärmeverbrauch* ist zu senken, um die Investitionen für die Wärmebereitstellungssysteme (Heizkraftwerk, Fernleitungsnetz, Umformerstationen und Gebäudenetze) niedriger zu gestalten bzw. mit den gegebenen Mitteln höhere Ausnutzungsgrade zu erzielen.

Der *Regelungskomfort* muß entscheidend gesteigert werden. Es sind direktwirkende, ohne Hilfsenergie arbeitende kompakte Armaturen zu fertigen. International verfügt die Heizungstechnik schon seit geraumer Zeit über derartige Bauelemente. In der DDR könnte an die Entwicklungen und Produktionserfahrungen der Armaturenhersteller z. B. für Kleinkälte- und Gasgeräte angeknüpft werden. Die erforderlichen Stückzahlen müßten auch zu einer rationellen Fertigung und niedrigen Kosten führen.

Die vom Autor im vorliegenden Beitrag vertretenen Darlegungen werden nicht in jedem Falle vom Herausgeber geteilt.

## Auswahl eines geeigneten Wasserheizungssystems für den Wohnungsbau

Um die vorgenannten Forderungen zu erfüllen, bietet sich der Einsatz des horizontalen Einrohrsystems mit Verteilungsleitungen nach dem Zweirohrsystem an. Das Einrohrsystem ist selbstverständlich wohnungsweise vorzusehen. Die Vor- und Nachteile dieses Systems sollen nachfolgend aus verschiedenen Perspektiven betrachtet werden.

### *Wirtschaftlichkeit*

Bei der Bemessung wirtschaftlich optimaler Anlagen mit der Zielfunktion „Minimale Jahresgesamtkosten" konnten folgende Ergebnisse gewonnen werden:

*1.* Werden theoretische Ergebnisse, d. h. ungenormte Rohrdurchmesser, Heizflächengrößen und Pumpen berechnet, so ergeben sich für Zweirohrsysteme niedrigere Jahresgesamtkosten und kleinere Regelabweichungen als für Einrohrsysteme gleicher Geometrie und Wärmeleistung. Dabei wurden die Preise der PAO zugrunde gelegt und keine Rücksicht auf niedrigere Herstellungskosten infolge Vorfertigung genommen.

*2.* Da man bei optimaler Bemessung zum Teil bedeutend kleinere Durchmesser als konventionell üblich erhält, ergeben sich beim Übergang zu Normdurchmessern bei den Anbindungen schwach belasteter Heizkörper in Zweirohrsystemen große Abweichungen. Die theoretischen Durchmesser können z. B. im Bereich von 5 bis 6 mm liegen, der kleinste Normdurchmesser für Stahlrohre 3/8″ beträgt dagegen 12,25 mm. Die technische Verwirklichung führt somit zu einer erheblichen Abweichung vom theoretischen Optimum. Dies ergibt nicht nur eine Kostenerhöhung, sondern wirkt sich auch negativ auf das Regelungsverhalten aus, da bei der Anpassung der heizflächenbeaufschlagenden Massenströme sehr große Unterschiede auftreten.

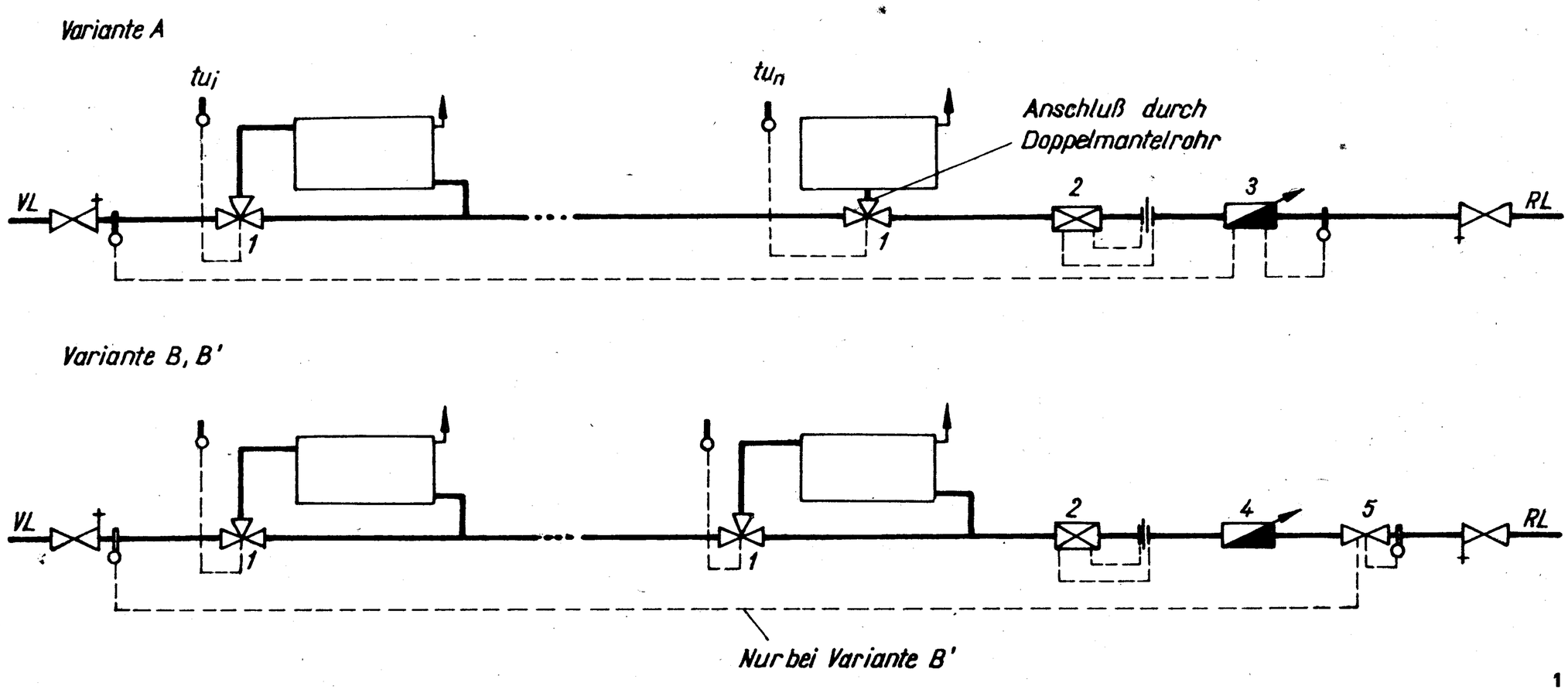
*3.* Werden horizontale Einrohrsysteme mit Verteilungsleitungen nach dem Zweirohrprinzip vorgesehen, so gelangen die theoretisch ermittelten Rohrdurchmesser in den praktisch realisierbaren Bereich. Dies gibt die Möglichkeit, horizontale Einrohrsysteme wirtschaftlich optimal bei gleichzeitig guten regelungstechnischen Eigenschaften zu gestalten.

Da Kupferrohr für diese Zwecke nicht in Frage kommen dürfte, käme 3/8″ Stahlrohr für den Einrohrring zur Anwendung. Der erforderliche Materialeinsatz ist vom Grundriß der Wohnungen abhängig, liegt nach überschläglichen Betrachtungen aber nicht über dem Aufwand, der bei vertikalen Einrohrheizungen mit unterer Verteilung und Leerstrang erforderlich ist.

Durch den Einsatz von Meßgeräten, Regelarmaturen und automatischen Be- und Entlüftern an den Heizkörpern ist jedoch mit höheren Investitionskosten als konventionell üblich zu rechnen.

### *Montagetechnologie*

Die Entwicklung einer einfachen Montagetechnologie setzt die intensive Zusammenarbeit zwischen Heizungsingenieur, Architekt, Statiker und Technologen als grundlegend voraus. Der horizontale Einrohrring kann, unterteilt in mehrere Elemente, vorgefertigt und auf der Rohdecke, in Stoßfugen der Deckenelemente oder im Zusammenhang mit einer speziellen Fußleiste verlegt werden. Sollen Deckenplatten mit komplettem Fußbodenaufbau montiert werden, so wäre es auch möglich, die entsprechenden Rohre bei der Plattenherstellung einzulegen. Bezüglich des Vorfertigungs-




1

**Tabelle 1**

| Variante | Armaturen-bestückung | Betriebsweise | | | Betriebscharakteristik | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Vorlauf-temperatur | Rücklauf-temperatur | Temperatur-differenz | Wärme-verluste | Regelungs-fähigkeit | Spitzenlast-begrenzung | Antriebs-energie | Komfort |
| A | 1, 2, 3 | gleitend | gleitend | gleitend | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| A | 0, 2, 3 | gleitend | gleitend | gleitend | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 |
| A | 1, 0, 3 | gleitend | gleitend | gleitend | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 |
| A | 0, 0, 3 | gleitend | gleitend | gleitend | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 |
| B | 1, 2, 4, 5 | konstant | konstant | konstant | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| B | 0, 2, 4, 5 | konstant | konstant | konstant | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 |
| B | 1, 0, 4, 5 | konstant | konstant | konstant | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 |
| B | 0, 0, 4, 5 | konstant | konstant | konstant | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 |
| B' | 1, 2, 4, 5 | gleitend | gleitend | konstant | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| B' | 0, 2, 4, 5 | gleitend | gleitend | konstant | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| B' | 1, 0, 4, 5 | gleitend | gleitend | konstant | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 |
| B' | 0, 0, 4, 5 | gleitend | gleitend | konstant | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 |

grades sind die horizontalen Einrohrsysteme den vertikalen nicht unterlegen.

*Wärmemengenzählung*

Für die wohnungsweise Wärmemengenzählung ist das horizontale Einrohrsystem geradezu prädestiniert. An gut zugängiger Stelle (Installationsschacht) ist ein Wärme- oder Wassermengenzähler zu installieren. Dieser wird einmal im Jahr abgelesen, was mit der Gas-Elt-Endabrechnung koordiniert werden kann.

Da Geräte zur exakten Wärmemengenzählung sehr kostspielig sind, kann auch auf eine Wassermengenzählung bei konstanter Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf orientiert werden.

Eine konstante Temperaturdifferenz läßt sich auf verschiedene Weise erzielen:

*1.* Konstante Vor- und Rücklauftemperaturen

Die Vorlauftemperatur hat der Wärmelieferer, die Rücklauftemperatur der Verbraucher durch einen Rücklauftemperaturbegrenzer zu gewährleisten. Die Entwicklung von einfachen, ohne Hilfsenergie wirkenden Temperaturbegrenzern wäre auf der Grundlage der thermisch wirkenden Kondensstauer möglich.

*2.* Gleitende Vor- und Rücklauftemperaturen

Die Vorlauftemperatur wird in Funktion der Außentemperatur vom Wärmelieferer vorgegeben. Die Rücklauftemperatur ist vom Verbraucher stets um eine bestimmte Temperaturdifferenz niedriger zu halten. Dazu müßte wiederum ein Temperaturbegrenzer, dessen Sollwert in Abhängigkeit der Vorlauftemperatur verstellt wird, installiert werden. Auch hier sind einfache Wirkprinzipien denkbar.

*Spitzenlastbegrenzung*

Durch Einbau eines Wassermengenbegrenzers kann in Verbindung mit dem vorgegebenen Temperaturverhältnis eine Wärmemengenbegrenzung erreicht werden.

*Baubeheizung*

Die Beheizung der fertiggestellten Geschosse eines noch im Bau befindlichen Gebäudes ist ohne weiteres möglich.

**Ausführung der horizontalen Einrohrheizung: System**

*Schaltschema und Betriebsweise*

Die komfortabelste Ausführung der horizontalen Einrohrheizung ist in Bild 1 dargestellt, wobei Variante A auf der direkten, Variante B auf der indirekten Wärmemengenmessung aufbaut. Die entscheidenden Meß- und Regelarmaturen sind:

*1 - Thermostatisches Zweiwegeventil*

Es ermöglicht eine individuell wählbare, konstante Raumlufttemperatur. Außer dem hohen Komfort dürfte eine beträchtliche Energieeinsparung erreicht werden.

*2 - Wassermengenbegrenzer*

Eine fest einstellbare Warmwassermenge verhindert die überplanmäßige Entnahme aus dem Verteilungssystem, was sich stabilisierend auf die Druckverhältnisse auswirkt.

*3 - Wärmemengenzähler*

Es wird das Produkt aus Wassermenge und Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf ermittelt und gezählt.

*4 - Wassermengenzähler*

In Verbindung mit dem Rücklauftemperaturbegrenzer ist eine Wärmemengenzählung möglich.

*5 - Rücklauftemperaturbegrenzer*

Diese Armatur garantiert eine fest einstellbare Warmwasserrücklauftemperatur von z. B. 70 °C (Variante B) oder bei zusätzlicher Aufschaltung der Warmwasservorlauftemperatur eine konstante Temperaturdifferenz von z. B. 40 grd (Variante B′). Je nach Abrechnungsverfahren können auch einstellbare Rücklauftemperaturbegrenzer eingesetzt werden.

Durch Verringerung des Komforts ist es möglich, die im Bild 1 wiedergegebenen Schaltungen zu vereinfachen. So kann Variante A mit der Armaturenbestückung (1, 2, 3) mit handbetätigtem Zweiwegeventil (0, 2, 3) und ohne Mengenbegrenzung (0, 0, 3) ausgeführt werden. (Das Zweiwegeventil durch ein Einwegventil und die Heizkörperumgehung durch eine Drosselstrecke als weitergehende Vereinfachung zu ersetzen, ist jedoch nicht ratsam.) In gleicher Weise können die Varianten B und B′ mit der Armaturenbestückung (1, 2, 4, 5) schrittweise auf die Kombinationen (0, 2, 4, 5), (0, 0, 4, 5) usw. reduziert werden.

Die Armaturen zu verringern, ist aber nur bei bestimmten Betriebsweisen des Netzes sinnvoll. In Tabelle 1 wird eine Zuordnung getroffen und gleichzeitig versucht, eine Bewertung mit 1 — positiver, 2 — mittelmäßiger und 3 — negativer Note durchzuführen. Als Betriebscharakteristika sind

— die Wärmeverluste der Verteilungsleitungen während der Heizperiode,
— die Regelungsfähigkeit der Anlage, wobei die Regelungsgüte bei Anlagen mit geringem Unterschied der Massenströme während der Heizperiode (vorgeregelte Netze) größer ist als in Fällen, wo bei Schwachlastbetrieb eine starke Drosselung des Heizmedienstromes erforderlich ist,
— die Möglichkeit einer Spitzenlastbegrenzung,
— die Antriebsenergie für die Umwälzung des Heizmediums während der Heizperiode,
— der Komfortgrad,

in Betracht gezogen worden.

*Bemessungsgrundlage*

Statistische Berechnungen ergaben in Verbindung mit Messungen an Wohnbauten, daß der Wärmeverbrauch in guter Approximation eine lineare Funktion der Außenlufttemperatur darstellt und etwa 13 Prozent unter dem nach TGL 112-0319 berechneten Wärmebedarf liegt. Voraussetzung ist natürlich eine bautechnisch einwandfreie Ausführung der Gebäude. Zum Zwecke der Spitzenlastbegrenzung sollte auch eine Temperaturabsenkung in einzelnen Räumen, z. B. Schlafzimmer und Küche, in Betracht gezogen werden. Es erscheint durchaus vertretbar, daß jeder Wohnung nur maximal 80 Prozent ($G = 0{,}8$) des rechnerischen Wärmebedarfs zur Verfügung gestellt werden. Diese Wärmemenge kann der Mieter nach eigenem Ermessen in die einzelnen Räume verteilen. Die Heizflächen sind jedoch für Vollast zu bemessen. Damit ergeben sich für den maximalen Massendurchsatz (Einstellung des Mengenbegrenzers)

$$\dot{m}^{+} = \frac{G \cdot \sum_{i=1}^{n} \dot{Q}_i}{c \cdot (tv - tr)} = \frac{G \cdot \dot{Q}_{WE}}{c \cdot (tv - tr)}, \qquad (1)$$

wobei der Wärmebedarf nach TGL 112-0319 zu errechnen und über alle $n$ Heizflächen einer Wohnungseinheit zu summieren ist, $c$ die spezifische Wärme und $tv$ die Vorlauf- sowie $tr$ die Rücklauftemperatur bei maximaler Belastung bedeuten.

Die waagerechte Einrohrheizung wird, um minimale Heizflächen zu erhalten, so ausgelegt, daß bei Vollast die gesamte Wassermenge die jeweilige Heizfläche beaufschlagt. Der Massenstrom in der Umgehungsleitung wird somit Null. Die Heizflächen für den maximalen Wärmebedarf des jeweiligen Raumes zu bemessen, erfordert, einen Test voranzustellen:

> Solange die vorgegebene Gesamtwärmemenge des Einrohrringes nicht erreicht ist, wird vor dem jeweils betrachteten Heizkörper maximale Belastung angenommen. Ansonsten ist die minimale Rücklauftemperatur am Heizkörperaustritt anzusetzen.

Mathematisch formuliert lautet der Test für den Heizkörper j:

$$G \cdot \sum_{i=1}^{n} \dot{Q}_i \geqq \sum_{i=1}^{j} \dot{Q}_i \qquad (2)$$

Damit ergeben sich die Ein- und Austrittstemperaturen bei positivem Test

$$te_j = tv - \frac{\sum_{i=1}^{j-1} \dot{Q}_i}{c \cdot \dot{m}^{+}}; \qquad ta_j = te_j - \frac{\dot{Q}_j}{c \cdot \dot{m}^{+}} \qquad (3)$$

bei negativem Test

$$te_j = ta_j + \frac{\dot{Q}_j}{c \cdot \dot{m}^{+}}; \qquad ta_j = tr \qquad (4)$$

In üblicher Weise berechnet sich die mittlere Übertemperatur nach [4] zu

$$\Delta t_{m,j} = (te_j - tu_j) - 0{,}525\,(te_j - ta_j), \qquad (5)$$

wobei $tu_j$ die Raumtemperatur darstellt.

Für spätere Berechnungen seien noch zwei Größen bereitgestellt. Die Summe der Wärmemengen bis zur Sprungstelle (Qualitätsumschlag des Tests) soll mit $\dot{Q}_S$ und das Verhältnis zur rechnerischen Gesamtwärmemenge als $\beta = \dot{Q}_S/\dot{Q}_{WE}$ bezeichnet werden.

Von besonderem Interesse ist die Ermittlung der Gesamtheizfläche entlang des Einrohrringes. Bis zur Sprungstelle ergibt sich eine Heizfläche

$$A_I = \frac{\dot{Q}_S}{\bar{k} \cdot \Delta t_m^M} = \frac{\beta \cdot \dot{Q}_{WE}}{\bar{k} \cdot \left[tv - tu - 0{,}525 \frac{\beta}{G}(tv - tr)\right]^M} \qquad (6)$$

mit der modifizierten Wärmedurchgangszahl $\bar{k} = k_{60}/60^{M-1}$ und dem Heizflächenexponenten M. Der Term für die mittlere Temperaturdifferenz folgt durch Substitution der Gl. (1) und (3) in Gl. (5). Die Heizflächengröße $A_I$ ist unabhängig davon, ob es sich um einen einzelnen oder um mehrere Abnehmer handelt. Für die restliche Heizfläche gilt dies jedoch nicht, da bei jedem einzelnen Abnehmer am Heizkörperaustritt die Rücklauftemperatur $tr$ angenommen werden muß. Die Gesamtheizfläche ist dann am kleinsten, wenn es sich um einen einzelnen Abnehmer handelt.

$$A_{II}' = \frac{\dot{Q}_{WE} - \dot{Q}_S}{\bar{k} \cdot \Delta t_m^M} = \frac{(1-\beta) \cdot \dot{Q}_{WE}}{\bar{k}\left[tr - tu + 0{,}475 \cdot \frac{1-\beta}{G} \cdot (tv - tr)\right]^M} \qquad (7)$$

Sie ist am größten, wenn unendlich viele kleine Abnehmer vorhanden sind. In diesem Falle gilt $\beta \equiv G$.

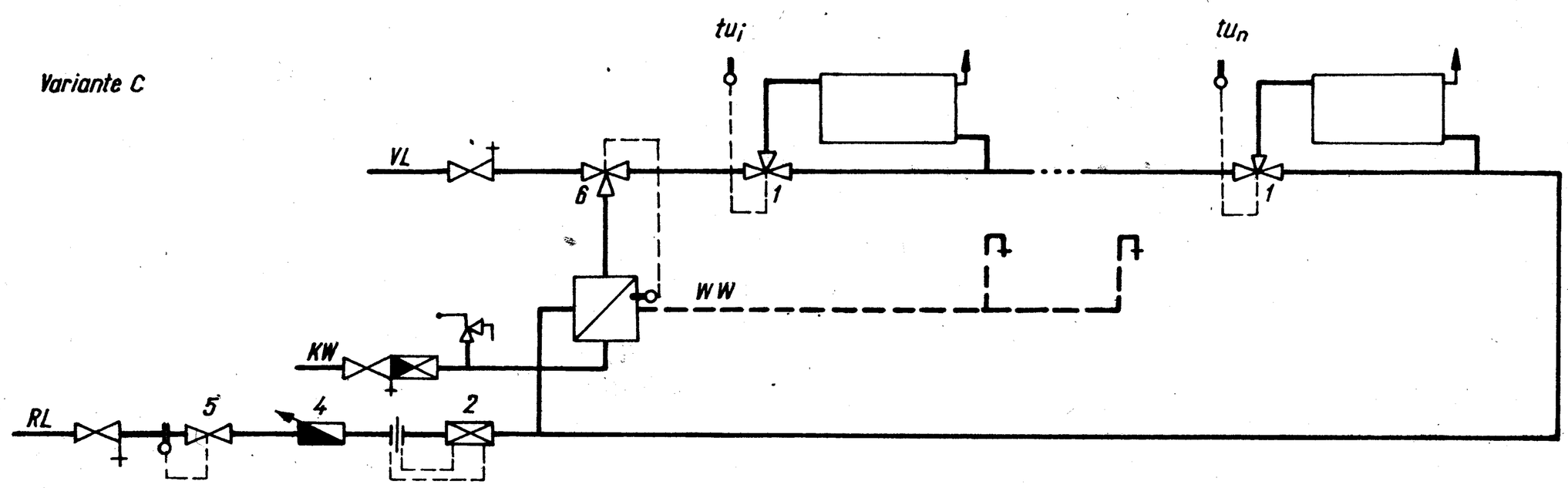
$$A_{II}'' = \frac{\dot{Q}_{WE} - \dot{Q}_S}{\bar{k} \cdot \Delta t_m^M} = \frac{(1-G) \cdot \dot{Q}_{WE}}{\bar{k} \cdot (tr - tu)^M} \qquad (8)$$

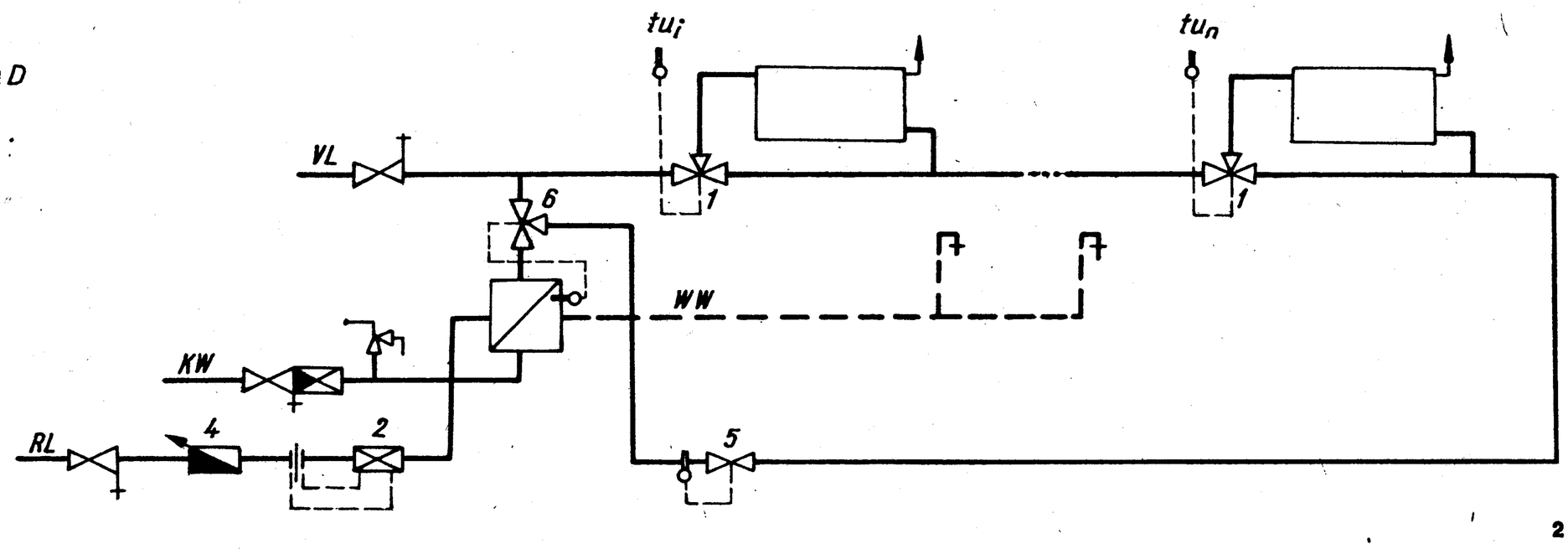
Die mittleren Temperaturdifferenzen errechnen sich im ersten Fall durch Substitution von Gl. (1) und (4) in Gl. (5), im zweiten durch die Annahme unendlich vieler Abnehmer, für die $te = ta$ gilt.

Im Vergleich zur konventionellen Heizflächenbemessung ohne Spitzenlastverringerung mit der Gesamtheizfläche

$$A = \frac{\dot{Q}_{WE}}{\bar{k} \cdot \Delta t_m^M} = \frac{\dot{Q}_{WE}}{\bar{k} \cdot [tv - tu - 0{,}525 \cdot (tv - tr)]^M} \qquad (9)$$

ergeben sich die relativen Heizflächenvergrößerungen:




2

$$\alpha_{\min} = \frac{A_{\mathrm{I}} + A_{\mathrm{II}}' - A}{A}$$

$$= \beta \cdot \left[ \frac{t\varphi - tu - 0{,}525\,(t\varphi - tr)}{t\varphi - tu - 0{,}525\,\frac{\beta}{G}\,(t\varphi - tr)} \right]^{\mathrm{M}}$$

$$+ (1-\beta) \cdot \left[ \frac{t\varphi - tu - 0{,}525\,(t\varphi - tr)}{tr - tu + 0{,}475\,\frac{1-\beta}{G}\,(t\varphi - tr)} \right]^{\mathrm{M}} - 1 \qquad (10)$$

$$\alpha_{\max} = \frac{A_{\mathrm{I}} + A_{\mathrm{II}}'' - A}{A}$$

$$= G + (1-G) \left[ \frac{t\varphi - tu - 0{,}525\,(t\varphi - tr)}{tr - tu} \right]^{\mathrm{M}} - 1 \qquad (11)$$

Die numerische Auswertung für die allgemein üblichen Parameter $t\varphi = 110$ °C, $tr = 70$ °C, $tu = 20$ °C, $\mathrm{M} = 1{,}33$ und $G = 0{,}8$ führt zu folgenden Ergebnissen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\alpha_{\min}$ ($\beta = 0{,}8$) = | 0,07 | $\alpha_{\min}$ ($\beta = 0{,}2$) = | —0,05 |
| $\alpha_{\min}$ ($\beta = 0{,}6$) = | 0,03 | $\alpha_{\max}$ = | 0,11 |

Wie sich sofort erkennen läßt, ist es vorteilhaft, den größten Verbraucher am Ende des Einrohrringes anzuordnen. Es könnte dann sogar eine Heizflächenersparnis eintreten. In üblichen Wohnungen wird das Wohnzimmer auf Grund des relativ großen Außenwand- und Fensteranteils den größten Wärmebedarf aufweisen, so daß 30 bis 40 Prozent des Gesamtwärmebedarfs hierfür angesetzt werden können. Damit ist eine praktische Heizflächenvergrößerung von vier bis zwei Prozent zu erwarten.

Das Wohnzimmer als letzten Abnehmer anzuschließen, wird auch noch aus einem anderen Grund gefordert. Da es sich um den Hauptaufenthaltsraum handelt, wird man bestrebt sein, eine möglichst hohe Raumtemperatur — auch bei tiefster Außentemperatur — zu haben. Dies kann aber nur unter Einhaltung der Auslegungsbedingungen z. B. $tr = 70$ °C garantiert werden. Der Mieter muß zwangsläufig einige der vorgeschalteten Heizkörperventile drosseln. Unter diesen Bedingungen wirkt der Wassermengenbegrenzer 2 als Wärmemengenbegrenzer. Andererseits wäre es sonst möglich, daß der Wohnungsinhaber alle Heizkörperventile voll öffnet und den Heizmedienstrom weiter als geplant abkühlt, wobei die Abnehmer am Ende des Einrohrringes selbstverständlich nicht die volle Auslegungsleistung erhalten.

Maximal könnte die Wärmemenge

$$\dot{Q} = \bar{k} \cdot A \cdot \left[ t\varphi - tu - 0{,}525 \cdot \frac{\dot{Q}}{\dot{m}^{+} \cdot c} \right]^{\mathrm{M}} \qquad (12)$$

von den Heizflächen der Wohnungseinheit

$$A = \frac{1{,}03 \cdot \dot{Q}_{\mathrm{WE}}}{\bar{k} \cdot [t\varphi - tu - 0{,}525 \cdot (t\varphi - tr)]^{\mathrm{M}}},$$

wobei eine 3%-ige Vergrößerung als konventionell üblich angenommen wurde, abgegeben werden. Setzt man $\dot{Q} = \varrho \cdot \dot{Q}_{\mathrm{WE}}$ und substituiert Gl. (1), so erhält man Gl. (12) in der iterativ lösbaren Form

$$\varrho = 1{,}03 \cdot \left[ \frac{t\varphi - tu - 0{,}525 \cdot \frac{t\varphi - tr}{G} \cdot \varrho}{t\varphi - tu - 0{,}525 \cdot (t\varphi - tr)} \right]^{\mathrm{M}} \qquad (13)$$

wobei $t\varphi$, $tr$ und $tu$ die Auslegungsparameter darstellen. Es ergibt sich $\varrho = 0{,}95$. Dies würde bedeuten, daß bei voller Öffnung aller Ventile effektiv nur eine 5%-ige Spitzenlastabsenkung auftritt.

Die Heizfläche in den einzelnen Räumen wegen der evtl. ungleichmäßigen Beheizung der Nachbarräume zu erhöhen, ist nicht erforderlich, da die Temperaturabsenkung in den Nachbarräumen gering sein wird und dem völligen Absperren der Heizkörper aus Sparsamkeitsgründen vorgebeugt werden soll. Denn dann wäre die thermische Behaglichkeit auf Grund der niedrigen Wandtemperaturen nicht mehr gesichert.

## Ausführung der horizontalen Einrohrheizung: System II

### *Schaltschema und Betriebsweise*

Für den Fall, daß stets mit konstanter Vorlauftemperatur gefahren wird, kann das wohnungsweise Abrechnungsver-

**Tabelle 2**

| Anzahl der Wohnungseinheiten | Gleichzeitigkeitsfaktor | Mittlere Wärmemenge/WE [kcal/h] | Mittlere Wassermenge/WE ($\Delta t$ = 50 grd) [kg/h] |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 18 000 | 360 |
| 5 | 0,55 | 11 700 | 234 |
| 10 | 0,49 | 10 800 | 216 |
| 50 | 0,32 | 8 400 | 168 |
| 100 | 0,30 | 8 100 | 162 |

fahren auch auf die Warmwasserbereitung und evtl. sogar auf die Vorwärmung der Zuluft ausgedehnt werden. Voraussetzung ist natürlich, daß jede Wohnung mit einem Gegenstromapparat zur Warmwasserbereitung ausgerüstet ist. Die vorgeschlagene Lösung bietet folgende Vorteile:

*1.* Möglichkeit der Wärmemengenmessung für die Raumheizung und die Warmwasserbereitung mit einem Meßgerät.

*2.* Einsatz der Fernwärme auch für die Warmwasserbereitung in Gebieten der DDR, in denen bisher auf Grund des aggressiven Wassers und fehlender korrosionsfester Materialien von einer zentralen Warmwasserbereitung Abstand genommen werden mußte.

Der Gegenstromapparat könnte im Installationsschacht zwischen Küche und Bad installiert werden, so daß die Anschlußleitungen zu den Entnahmestellen kurz sind.

*3.* Das Heizungsnetz würde ganzjährig betrieben, so daß die Inbetriebnahme der Raumheizung zu jeder Jahreszeit gegen entsprechende Mehrkosten möglich ist. Diese Lösung erscheint wirtschaftlicher als das elektrische Nachheizen, was vor allem die Bäder betrifft.

*4.* Jeder Mieter ist sein eigener Lastverteiler, da jeder Wohnungseinheit nur eine ganz bestimmte Wärmemenge zusteht.

Als Nachteil ist der gerätetechnische Mehraufwand zu nennen, der aber keinesfalls größer sein dürfte, als bei dezentraler Warmwasserbereitung mit Gas oder Elektroenergie. Des weiteren sind größere Wärmeverluste der Steigeleitungen infolge ganzjährigen Betriebes zu erwarten, die durch eine dickere Dämmschicht kompensiert werden könnten.

Die vorgeschlagenen Schaltungen sind im Bild 2 dargestellt. Sie wurden aus Variante B (Bild 1) entwickelt. Als zusätzliche Armatur kommt auf der Heizungsseite nur ein thermostatisches Zweiwegventil 6 hinzu. Es sollte einstellbar bis max. 55 °C Gebrauchswassertemperatur sein. Der Fühler ist im Warmwasserbereiter installiert, so daß die gewählte Temperatur sofort nach Öffnen an der Zapfstelle ansteht. Auf Grund der kurzen Anbindungen kann eine Zirkulationsleitung entfallen. Die Variante C ist so ausgelegt, daß sie eine möglichst exakte Wärmemengenzählung gestattet. Demgegenüber wurde Variante D so aufgebaut, daß der Verbraucher bestrebt ist, niedrige Warmwassertemperaturen einzustellen, um bei gleichzeitig geringen Zapfleistungen dem Rücklaufwasser der Raumheizung „kostenlos" eine möglichst große Wärmemenge zu entziehen. Das Abrechnungsverfahren muß dann so gestaltet werden, daß pauschal eine mittlere Rücklauftemperatur angenommen wird.

Die Schaltungen C und D sind so ausgeführt, daß bei maximaler Warmwasserentnahme die Raumheizung der gleichen Wohnung abschaltet.

Eine Spitzenlastbegrenzung bezüglich der Raumheizung ist mit den gezeigten Schaltungen nicht möglich. Würde dies gewünscht, so müßte ein weiterer Mengenbegrenzer installiert werden.

*Bemessungsgrundlagen*

Um ein wirtschaftliches Heizungsnetz zu erhalten, sind die Zapfleistungen und Temperaturen für möglichst niedrige — jedoch praktikable — Werte auszulegen. Als größte Entnahmeleistungen innerhalb einer Wohnung wurden angenommen:

1. Fall:
Füllung einer Badewanne $\dot{m}_Z = 10$ kg/min, $t_Z = 40$ °C
2. Fall:
Füllung einer Spüle $\dot{m}_Z = 5$ kg/min, $t_Z = 55$ °C

Damit ergeben sich Wärmeleistungen von $\dot{Q} = 18000$ kcal/h und $\dot{Q} = 13500$ kcal/h.

Da dies ein Mehrfaches des Wärmeverbrauches für die Raumheizung darstellt, wird vorgeschlagen, je Wohnung einen Anschlußwert von $\dot{Q}'_{WE} = 18000$ kcal/h festzulegen.

Die Verteilungsleitungen und die Hausanschlüsse sind unter Berücksichtigung von Gleichzeitigkeitsfaktoren zu bemessen. Für die in der Rohrstrecke k zu transportierende Wärmemenge gilt

$$\dot{Q}_k = \sum \dot{Q}'_{WE,H} + \varphi \sum (\dot{Q}'_{WE} - \dot{Q}'_{WE,H})$$
$$= \varphi \sum \dot{Q}'_{WE} + (1 - \varphi) \cdot \sum \dot{Q}'_{WE,H} \qquad (14)$$

wobei $\dot{Q}'_{WE,H}$ die Wärmemenge für die Raumheizung entsprechend TGL 112-0319 und $\varphi$ den Gleichzeitigkeitsfaktor in Funktion der Anzahl der nachgeschalteten Wohnungseinheiten darstellen. Selbstverständlich ist über die Wohnungseinheiten zu summieren, die durch die Teilstrecke k versorgt werden. Die Gleichzeitigkeitsfaktoren sind analog der bisher üblichen Berechnung für die Warmwasserbereitung anzunehmen. Eine Auswertung der Gl. (14) ist in Tabelle 2 gegeben.

Im einzelnen wurde $\dot{Q}'_{WE} = 18000$ kcal/h und $\dot{Q}'_{WE,H} = 3900$ kcal/h entsprechend der Forderung in Pkt. 1 gesetzt. Den Ergebnissen steht eine derzeit übliche Wassermenge von $\dot{m} = 150$ kg/h · WE gegenüber. Daraus ist ersichtlich, daß die Hauptverteilungsleitungen einschließlich der Hausanschlüsse kaum, die Steigestränge jedoch in größeren Nennweiten ausgeführt werden müssen.

Die Festlegung der Rücklauftemperaturen bedarf einer Optimierung, die erst nach Kenntnis der Kosten aller Geräte, Armaturen usw. durchgeführt werden könnte. Um vorab einige Größenvorstellungen zu erhalten, sei $tr = 60$ °C angenommen.

In den Gegenströmern zur Warmwasserbereitung ergeben sich damit mittlere logarithmische Temperaturdifferenzen von $\Delta t_m = 59{,}5$ grd (Fall 1) bzw. $\Delta t_m = 52{,}5$ grd (Fall 2). Bei wärmetechnisch günstiger Auslegung der Wärmeübertrager können Wärmedurchgangszahlen von 800 bis 1000 kcal/m²·h·grd erreicht werden, so daß sich Heizflächen von etwa 0,33 m² für die Warmwasserbereiter ergeben. Die Ausführung könnte in mannigfaltiger Form erfolgen, sie dürfte aber beispielsweise die Länge von 0,5 m bei einem Durchmesser von 0,2 m nicht überschreiten.

## Zusammenfassung

Die vorgeschlagenen Schaltungsvarianten, die dem sparsamsten Energieverbrauch und der Erhöhung des Komforts dienen sollen, können nur dann serienmäßig Anwendung finden, wenn entsprechende Regelarmaturen (kompakte Bauweise, ohne Hilfsenergie) und Montagetechnologien zur Verfügung stehen. Ausgiebige Tests der Schaltungen, vor allem bezüglich des Zusammenwirkens der Regelgeräte sind noch ebenso erforderlich wie detaillierte technische, technologische und ökonomische Überlegungen.

Dennoch sollte man nicht vergessen, daß ähnliche serienmäßige Schaltungen schon seit geraumer Zeit den Welthöchststand in der Heizungstechnik kennzeichnen.

## Literatur


[1] Nicht auf die lange Bank schieben. „Technische Gemeinschaft", Heft 1/1971

[2] Energieflußbild der DDR 1969, „Technische Gemeinschaft", Heft 12/1970

[3] *Schulze:* Ökonomische Betrachtungen zur Heizkostenverteilung zentralbeheizter Wohnungen, „Stadt- und Gebäudetechnik", Heft 10/1966

[4] *Glück:* Optimale Auslegung von Wasserheizungsanlagen mit Umwälzpumpe „TGA-Information", Heft 2/1970